

PCT/JP 2004/004938

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

06. 4. 2004

Rec'd PCT/PTO 24 MAR 2005

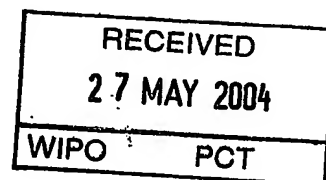
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2003年 4月11日

出 願 番 号  
Application Number: 特願2003-108208  
[ST. 10/C]: [JP 2003-108208]

出 願 人  
Applicant(s): HOYA株式会社

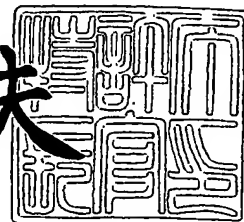


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 5月14日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3040170

【書類名】 特許願  
【整理番号】 P03HYE009  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 H01L 21/30

## 【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区中落合 2 丁目 7 番 5 号 H O Y A 株式会社  
内

【氏名】 木村 泰樹

## 【特許出願人】

【識別番号】 000113263

【住所又は居所】 東京都新宿区中落合 2 丁目 7 番 5 号

【氏名又は名称】 H O Y A 株式会社

【代表者】 鈴木 洋

## 【代理人】

【識別番号】 100103676

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 藤村 康夫

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 056018

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0108561

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 フォトマスクの製造方法及びフォトマスク

【特許請求の範囲】

【請求項1】 透光性基板上にクロムを含む材料からなる遮光膜及びレジスト膜を有するフォトマスクブランクを用いて、所望のレジストパターンを形成する工程と、

塩素と酸素を含む混合ガスを用いたドライエッチングにより、前記レジストパターンをマスクとして前記遮光膜をパターンニングして遮光パターンを形成する工程と、を有するフォトマスクの製造方法において、

前記ドライエッチングを、レジストの等方性エッチング量を相殺させるために有機物の存在下で行うことを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【請求項2】 前記混合ガスが、有機ガス（但し、F、Br、I、Atを含まない）を含むことを特徴とする請求項1に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項3】 前記有機ガスが、前記混合ガスの30体積%以下であることを特徴とする請求項2に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項4】 前記有機ガスが、エタノールであることを特徴とする請求項2又は3に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項5】 前記レジストパターンの表面被覆割合が、70%以上であることを特徴とする請求項1に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項6】 前記ドライエッチングを、有機高分子材質（但し、F、Br、I、Atを含まない）を配置した状態で行うことを特徴とする請求項1に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項7】 前記ドライエッチングを、電子密度ジャンプが起こるICPパワーよりも低いICPパワーで行う、もしくは、電子密度ジャンプが起こらない低い電子密度で行うことを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項8】 前記ドライエッチングを、前記透光性基板の温度を制御せずに行うことを特徴とする請求項1乃至7いずれかに記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 9】 前記レジストパターンが、光近接効果補正（OPC）処理をしたパターン（微細パターン）を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 8 いずれかに記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項 10】 請求項 1 乃至 9 いずれかに記載の製造方法により製造されたフォトマスクであって、 $0.4\ \mu\text{m}$ 以上 $2.0\ \mu\text{m}$ 以下の設計寸法のパターンに関し、CDリニアリティ誤差が、 $15\ \text{nm}$ 以下であることを特徴とするフォトマスク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体装置製造等に用いられるフォトマスクの製造方法に関し、特に遮光膜であるCr膜のエッチング方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

半導体集積回路等の高集積化等により、その製造工程中の微細加工プロセスにおいて使用されるフォトマスクに対して、高いパターン精度が要求されてきている。

現在用いられているフォトマスクは、高精度なパターンの加工性の点から、遮光膜として一般にクロム系材料が使用されている。

しかしながら、半導体集積回路の高集積化等によるフォトマスクのパターンの高精細化の要求に対して、現行のレジストパターンをエッチングマスクとして用いるクロム系遮光膜のパターン作成方法では、微小開口パターン（ホール）の高精細化に伴い、マイクロローディング効果による微小開口パターン（ホール）の寸法や形状の悪化の影響が無視できなくなり、実用上の障害となることが明らかとなった。

現行のレジストパターンをエッチングマスクとして用いるクロム系遮光膜のパターン作成方法は、具体的には、 $\text{Cl}_2 + \text{O}_2$ の混合ガスを主体にするガス系を用い、Cr膜上のレジストパターンをマスクとして、ドライエッチングによりCrパターンを形成する方法が主に用いられている（特許文献1）。

ドライエッチングには、通常 R I E（反応性イオンエッチング）装置が使用されるが、近年のパターンの微細化及びパターン精度に対する要求に対応すべく、I C P（誘導結合型プラズマ）方式が検討されている（非特許文献 1）。この場合、通常、電子密度ジャンプが起こる I C P パワーよりも高い I C P パワー（安定したプラズマ放電が得られる条件）を使用して高いプラズマ密度でエッチングを行っている（非特許文献 2）。

#### 【0003】

〔特許文献 1：特開 2001-183809〕

〔非特許文献 1：「S P I E」、Vol.3236、C.Constantine et al、1997 年、p 94～103〕

〔非特許文献 2：論文誌「SPUTTERING & PLASMA PROCESSES」、Vol.13 No.4（論文名：「高密度プラズマの生成と物理」、著者：菅井秀郎、第 7 頁）、1998 年 10 月 9 日発行、社団法人日本工業技術振興協会スパッタリング及びプラズマ技術部会発行〕

#### 【0004】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来方法には、以下に示す 3 つの問題点があった。

第 1 に、現像後のレジストパターン寸法とエッチング後の C r パターン寸法との寸法差（以下、レジストと C r の変換差、又は単に変換差という）が大きいという問題点がある。詳しくは、レジストの等方性エッチングによって C r が後退することに起因して、同じサイズの正方形パターンで比較した場合、正方形開口パターン（抜き部・ガラス部）はサイズが拡大すると共に角部が丸くなるのに対し、正方形遮光パターン（残し部・C r 部）はサイズが縮小すると共に角部はほぼ直角を維持するので、両者のサイズ、角部の形状に形状差が生じる。この問題がマスク製造工程および品質に与える影響は次のようになる。まず、正方形開口パターンの角部が丸くなることが、疑似欠陥の発生を誘起し、検査工程に対し重大な障害になる。また、パターン形状がデータに対して忠実に仕上がらないので、半導体製造工程におけるリソグラフィ工程でのマージンの低下や、条件設定に多大な工数を必要とする原因となる。さらに、上記の変換差は、マスク上での

微細パターン形成の障害になる。なお、上記変換差をデータサイジングで対処することも可能であるが、この場合サイジング量が大きくなり変換時間が増大する。

第2に、マイクロローディング効果によって、レジストとCrの変換差が開口パターン（ホール）の寸法によって大きく変動する（開口パターンの寸法が小さい（微小開口パターン）ほど小さく仕上がる（変換差の絶対値が大きくなる））という問題点がある。パターンの設計寸法の変化と、レジストとCrの変換差の変化との関係をCDリニアリティといい、開口パターンの設計寸法の変化に対する、レジストとCrの変換差の変化が大きい場合、CDリニアリティが悪いと表現する。この問題がマスク製造工程および品質に与える影響は次のようになる。まず、この問題により、開口パターンの寸法により変換差が変動するのでCD精度（特にCDリニアリティ）が劣化する。このことは半導体製造工程におけるリソグラフィ工程でのマージンの低下や、条件設定に多大な工数が必要となる原因となる。なお、CD精度を露光等の別工程で補償することも可能であるが、この場合はそれらの工程の最適条件からはずれることになるので、CDリニアリティが補償できてもそれ以外のCD精度が劣化する。

第3に、Crの断面形状が、開口パターン（ホール）の寸法に依存し、開口パターンの寸法が小さくなる（微小開口パターンになる）と、断面形状にテーパーが発生するという問題点がある。この問題がマスク製造工程および品質に与える影響は次のようになる。まず、この問題により、Crの断面形状が面内で変動すると、電磁光学効果により、断面形状に起因する変動より数倍に達する大きな光学的寸法変動を引き起こす。このことは半導体製造工程におけるリソグラフィ工程でのマージンの低下や、条件設定に多大な工数が必要となる原因となる。また、マスクの測長を光学式測長機で行う場合は測長精度が劣化する。

#### 【0005】

本発明は上述した問題点にかんがみてなされたものであり、パターンの形状（開口パターン（ホール）、遮光パターン（ドット）、ライン&スペースなど）やサイズに関係なく（特にホール・ドットに関係なく）、変換差を低減でき、しかもホール・ドットの形状差を低減できるフォトマスクの製造方法の提供を第1の

目的とする。

また、ホールの寸法が小さくても、CDリニアリティが良好（変換差が一定）であるフォトマスクの製造方法の提供を第2の目的とする。

さらに、ホールの断面形状が、寸法に依らず、寸法が小さくても断面形状が良好であるフォトマスクの製造方法の提供を第3の目的とする。

#### 【0006】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明は以下の構成を有する。

（構成1） 透光性基板上にクロムを含む材料からなる遮光膜及びレジスト膜を有するフォトマスクブランクを用いて、所望のレジストパターンを形成する工程と、

塩素と酸素を含む混合ガスを用いたドライエッチングにより、前記レジストパターンをマスクとして前記遮光膜をパターンニングして遮光パターンを形成する工程と、を有するフォトマスクの製造方法において、

前記ドライエッチングを、レジストの等方性エッチング量を相殺させるために有機物の存在下で行うことを特徴とするフォトマスクの製造方法。

（構成2） 前記混合ガスが、有機ガス（但し、F、Br、I、Atを含まない）を含むことを特徴とする構成1に記載のフォトマスクの製造方法。

（構成3） 前記有機ガスが、前記混合ガスの30体積%以下であることを特徴とする構成2に記載のフォトマスクの製造方法。

（構成4） 前記有機ガスが、エタノールであることを特徴とする構成2又は3に記載のフォトマスクの製造方法。

（構成5） 前記レジストパターンの表面被覆割合が、70%以上であることを特徴とする構成1に記載のフォトマスクの製造方法。

（構成6） 前記ドライエッチングを、有機高分子材質（但し、F、Br、I、Atを含まない）を配置した状態で行うことを特徴とする構成1に記載のフォトマスクの製造方法。

（構成7） 前記ドライエッチングを、電子密度ジャンプが起こるICPパワーよりも低いICPパワーで行う、もしくは、電子密度ジャンプが起こらない程度

の電子密度で行うことを特徴とする構成 1 乃至 6 のいずれかに記載のフォトマスクの製造方法。

(構成 8) 前記ドライエッチングを、前記透光性基板の温度を制御せずに行うことを特徴とする構成 1 乃至 7 のいずれかに記載のフォトマスクの製造方法。

(構成 9) 前記レジストパターンが、光近接効果補正 (OPC) 処理をしたパターン (微細パターン) を含むことを特徴とする構成 1 乃至 8 のいずれかに記載のフォトマスクの製造方法。

(構成 10) 構成 1 乃至 9 のいずれかに記載の製造方法により製造されたフォトマスクであって、 $0.4\ \mu\text{m}$  以上  $2.0\ \mu\text{m}$  以下の設計寸法のパターンに関し、CD リニアリティ誤差が、 $15\ \text{nm}$  以下であることを特徴とするフォトマスク。

#### 【0007】

##### 【発明の実施の形態】

本発明の構成 1 では、塩素と酸素を含む混合ガスを用いたドライエッチングにより、レジストパターンをマスクとして遮光膜をパターンニングして遮光パターンを形成する工程において、前記ドライエッチングを、有機物の存在下で、レジストの等方性エッチング量と同等の (レジストの等方性エッチング量を相殺させる程度の) 有機物を、レジストに等方性デポジションさせながら行うことにより、レジストパターンの寸法変動を抑制できる。したがって、パターンの形状やサイズに関係なく (特にホール・ドットに関係なく)、変換差を低減でき、ホール・ドットの形状差を低減できる。

#### 【0008】

本発明の構成 2 は、構成 1 における有機物として有機ガスを添加する態様であり、Cl を含むガスを用いるため、ハロゲンの混用による Cr のエッチングへの悪影響を回避するために、F、Br、I、At を成分として (又は分子中に) 含まない有機ガスを用いることを規定したものである。

構成 2 によれば、任意のレジスト占有率のマスクに対して、有機ガスの種類及び添加量を制御することによって、任意の変換差を設定可能である。

この有機ガスの添加量は、塩素と酸素を含む混合ガス全体積の 30 体積% 以下であることが、Cr のエッチング速度の制御性の観点や、チャンバー (チェンバ



一) 内の不要な(過剰な)有機物のデポジションを回避する観点から好ましい(構成3)。

また、この有機ガスは、エタノールであることが、上述した3つの問題を実用レベルで解決する上で好ましい(構成4)。マイクロローディング効果による微小開口パターン(ホール)の寸法や形状の悪化の影響の問題を解消し、実用上の障害を除く上で好ましい。

#### 【0009】

本発明の構成5は、構成1における有機物として、レジストパターンから発生する有機ガスを利用する態様であり、レジスト占有率が小さい場合、十分な変換差低減効果は得られない( $C_r$ /レジストのエッチング選択比を制御してレジストの消費量(膜減り量)を制御することには制限が生じるため)という観点から、レジストパターンの表面被覆割合が70%以上であることを規定したものである。同様の観点から、レジストパターンの表面被覆割合は80%以上であることが好ましい。

#### 【0010】

本発明の構成6は、構成1における有機物として、ドライエッチング装置内に配置(設置)された有機高分子材質から発生有機ガスを利用する態様であり、 $C_1$ を含むガスを用いるため、ハロゲンの混用による $C_r$ のエッチングへの悪影響を回避するために、 $F$ 、 $Br$ 、 $I$ 、 $At$ を成分として(又は分子中に)含まない有機高分子材質を用いることを規定したものである。

#### 【0011】

本発明の構成7では、上記構成1～6の効果に加え、前記ドライエッチングを、電子密度ジャンプが起こらない程度の低い電子密度(プラズマ密度)で行うことで、レジストの等方性エッチングに寄与するラジカル密度を低減させる効果、及び、基板温度の上昇の抑止効果が得られ、これらにより、レジストの等方性エッチング(量)を効果的に抑制することができる。例えば、誘導結合型プラズマ(ICP)方式のエッチング装置を用いる場合、電子密度ジャンプが起こるICPパワーよりも低いICPパワーを採用することにより、プラズマ密度が低い状態とすることができる。

本発明の構成7では、上記構成1～6の効果（有機ガスの等方性デポジションによるレジストの等方性エッチングが抑制される効果）に加え、電子密度ジャンプが起こるICPパワーよりも低いICPパワーで行うことによって得られるレジストの等方性エッチングの抑制効果が相乗効果的に発揮されるので、上述した3つの問題を実用レベルで極めて効果的に解決する上で好ましい。また、特にマイクロローディング効果による微小開口パターン（ホール）の寸法や形状の悪化の影響の問題を極めて効果的に解消し、実用上の障害を除く上で好ましい。

本発明者は、上記構成1～6の効果（有機ガスの等方性デポジションによるレジストの等方性エッチングが抑制される効果）に加え、ICPパワーを所定の低ICPパワー範囲とすることによって、開口パターンの寸法の変化に対する、レジストとCrの変換差の変化を極めて小さくでき、従来に比べリニアリティを著しく改善できることを見出した。具体的には、例えば、ICPパワーを200W～300Wの低ICPパワー範囲とすることによって、0.4～2.0 $\mu$ mの開口パターンに関し、前記開口パターンの寸法の変化に対する、レジストとCrの変換差の変化量（パターンリニアリティ）が、15nm以下（従来の半分以下）であるフォトリソマスクが得られ、この結果、レジストとCrの変換差が開口パターン（ホール）の寸法によって大きく変動する（開口パターンの寸法が小さいほど小さく仕上がるという第2の問題が解消でき、さらにCrの断面形状が、開口パターン（ホール）の寸法に依存し、開口パターンの寸法が小さくなると、断面形状にテーパー発生するという第3の問題を著しく改善できることを見出した。なお、安定したプラズマ放電を得る観点からICPパワーを200Wより高くすることが好ましく、よりリニアリティを良好にする観点からICPパワーを300Wより低くすることが好ましい。これらのことから、ICPパワーは、220W～280W、さらには240W～260Wの低ICPパワー範囲とすることが好ましい。

構成7では、ICPパワーの低減に伴い、RFバイアスを高くすることが好ましい。また、均一性、Cr/レジストのエッチング選択比、放電安定性が良好な条件を適用することが好ましい。

なお、構成7と構成5との組合せにおいては、レジストパターンが高被覆状態

(70%以上)にある基板(構成5)を、RFバイアスを高めに設定することでレジストのエッチング速度に対するCrのエッチング速度の比(Crのエッチング速度/レジストのエッチング速度)が1.5未満の低選択比でエッチングすることによって、大量の有機ガスがチャンバー内に放出され、これらの有機ガスが等方性デポジション成分として働きレジストの横方向のエッチング量を相殺できる(極めて効果的に変換差低減効果を発揮できる)。

#### 【0012】

本発明の構成8では、上述したように、基板温度の上昇の抑止により、レジストの等方性エッチング量が抑制されることから、前記透光性基板の温度を制御せずにドライエッチングを行うことを規定したものである。

なお、通常ドライエッチングを行うときは、基板の温度制御を行うが、ガラス基板は温度制御が困難である。Crのエッチング時にレジストの温度が上昇すると、レジストの等方性エッチングが促進され、また、有機物のデポジションが抑制されるため好ましくない。本発明では、ICPパワーを低くすることによって、基板の温度を制御せずに、基板温度の上昇を抑止した状態でドライエッチングを行うことができる。

#### 【0013】

本発明の構成9では、前記レジストパターンが、光近接効果補正(OPC)処理をしたパターンを含む場合に、本発明が極めて効果的に適用できるので、かかる態様を規定したものである。特に、本願発明は、光近接効果補正(OPC)処理をしたパターンのリニアリティ低減に効果的である。

#### 【0014】

本発明の構成10では、上述した第2の問題に関し、本発明方法を適用すると、開口パターンの寸法の変化に対する、レジストとCrの変換差の変化を極めて小さくでき、従来に比べCDリニアリティを著しく改善でき、この結果、0.4 $\mu$ m以上の開口パターンに関し、前記開口パターンの寸法の変化に対する、レジストとCrの変換差の変化量(パターンリニアリティ)が、15nm以下であるフォトマスクが得られ、このフォトマスクは、マイクロローディング効果による微小開口パターン(ホール)の寸法や形状の悪化の影響の問題を極めて効果的に

解消し、実用上の障害を除くことに初めて成功したものであることから、かかる態様を規定したものである。同様の観点から、 $0.4\mu\text{m}$ 以上の開口パターンに関し、前記開口パターンの寸法の変化に対する、レジストとCrの変換差の変化量（パターンリニアリティ）は、好ましくは $10\text{nm}$ 以下、さらに好ましくは $5\text{nm}$ 以下である。

#### 【0015】

本発明において、「Cr」の表記は、Cr系材料全般（単層（膜）の場合、同一又は異なる組成の多層（膜）構造の場合の他、材料自体を含む）を意味するものとする。

本発明においは、例えば、ハーフトーン位相シフトマスクにおける光半透過膜上のCr系材料等も含み、Cr系材料のエッチング全般に適用可能である。

クロムを含む材料からなる膜（Cr系膜）は、均一な組成の膜、もしくは膜厚方向で順次組成変調する傾斜組成膜、のいずれでも良い。クロムを含む材料からなる膜（Cr系膜）は、単層膜、もしくは同一又は異なる組成の多層膜、のいずれでも良い。

前記Cr系材料又は、クロムを含む材料からなる膜（Cr系膜）の材料としては、例えば、Cr単体、CrO（クロム、酸素を含むことを意味し、それらの含有率を規定するものではない。以下、同様。）、CrN、CrC、CrCO、CrCN、CrON、CrCONなどが挙げられる。

#### 【0016】

##### 【実施例】

##### （実施例1）

まず、本実施例においてエッチングの対象となる、レジストパターンを形成したマスク基板101を図1に示す。マスク基板101の構造は、厚さ $400\text{nm}$ のレジストパターン102、厚さ $100\text{nm}$ のCr系膜（Crを含む材料からなる膜をいう、以下同様）103、ガラス基板（合成石英基板等）104の積層構造からなる。レジストパターン102としては、使用する露光機によりフォトリソトもしくはEBレジストを使用する。どちらの場合においてもレジストパターンの側壁が垂直に近い断面形状を有する。また、Cr系膜103の面積の80

%以上はレジストパターン102で被覆されている。

#### 【0017】

次に、本実施例に用いるエッチング装置（誘導結合型プラズマ（ICP）方式）の構成を図2に示す。

この装置は、プラズマ発生用コイル201、コイル用RF電源202、減圧容器（以下チャンバーという）203、RF電極204、RF電極用RF電源205、ガス導入系206、排気系207、RF電極カバー208（基板101が設置される部分以外を被覆するカバー部材）より構成されている。なお、エッチング中のマスク基板101を一定温度に制御する機構についてはこれを有していない。

#### 【0018】

上記装置においては、あらかじめ、RF電極204上にはマスク基板101が設置されており、排気系207によりチャンバー203は高真空の状態に保たれている。チャンバー203に対し、ガス供給系206より塩素と酸素とヘリウムの混合ガス（ $\text{Cl}_2:\text{O}_2:\text{He}=160:40:20$  [sccm]）が供給される。排気系207の排気量を調整して、所望の圧力（2Pa）に保つ。プラズマ発生用コイル201に対し、コイル用RF電源202より高周波電力（ICPパワー）を供給し、チャンバー203内にプラズマを発生させる。供給される高周波電力（ICPパワー）は、電子密度ジャンプを起こす高周波電力（ICPパワー）より小さい値でかつ放電限界近傍の値（200W～300W、本実施例では210W）を使用する。プラズマ安定後、速やかにRF電極にRF電極用RF電源205より高周波電力を供給する（RFバイアス）。この高周波電力は、レジストのエッチング速度に対するCrのエッチング速度の比（Crのエッチング速度／レジストのエッチング速度）（以下、単に選択比という）が1.5未満になるよう、高めに設定する。ただし、コイル用RF電源202より供給される高周波電力は、RF電極用RF電源205より供給される高周波電力の10倍以上である。RFバイアスの値は好ましくは10W～20Wであり、本実施例では20Wとした。また、Heは、プラズマの放電安定化、及びマイクロローディング効果の改善の目的で添加した。Crのエッチングが終了後、適度のオーバーエッチ

ングを行った後にエッチングを終了する。

### 【0019】

本実施例1においては、プラズマ密度が低い状態でエッチングを行うことができ、この結果、レジストの等方性エッチングに寄与するラジカル密度を低減させる効果、及び、基板温度の上昇の抑止効果が得られ、これらにより、レジストの横方向のエッチング量が抑制される効果が得られる。

また、本実施例1においては、プラズマ密度が低い状態でエッチングを行うことによって得られるレジストの横方向のエッチング量の上記抑制効果に加え、レジストパターンが高被覆状態（80%以上）にある基板を、RFバイアスを高めに設定することでレジストのエッチング速度に対する $C_r$ のエッチング速度の比（ $C_r$ のエッチング速度／レジストのエッチング速度）が1.5未満の低選択比でエッチングすることによって、大量の有機ガスがチャンバー内に放出され、有機ガスの等方性デポジションによるレジストの等方性エッチングの抑制効果が相乗効果的に発揮され、上述した3つの問題を実用レベルで極めて効果的に解決できる。具体的には、（1）パターンの形状（ホール、ドット、ライン&スペースなど）やサイズに関係なく（特にホール・ドットに関係なく）、変換差を低減でき、しかもホール・ドットの形状差を低減でき、（2）ホールの寸法が小さくても、リニアリティが良好（変換差が一定）であり、（3）ホールの断面形状が、寸法に依らず、寸法が小さくても垂直性が良好であるフォトマスクが得られる。なお、実施例1においては、パターンの形状（ホール、ドット、ライン&スペースなど）やサイズに関係なく、 $0.4\mu\text{m} \sim 2.0\mu\text{m}$ においてCDリニアリティ誤差が8nm以下となり、極めて良好なCDリニアリティを実現できた。

また、実施例1は後述する実施例2（有機ガス系増設）、実施例3（チャンバー改造）のような装置の特別な改造を必要としない。

### 【0020】

#### （実施例2）

まず、本実施例においてエッチングの対象となる、レジストパターンを形成したマスク基板101を図1に示す。

マスク基板101の構造は、厚さ400nmのレジストパターン102、厚さ

100nmのCr系膜103, ガラス基板(合成石英基板等)104の積層構造からなる。レジストパターン102としては、使用する露光機によりフォトリソストもしくはEBレジストを使用する。どちらの場合においてもレジストパターンの側壁が垂直に近い断面形状を有する。また、レジストパターン102でCr系膜103の面積が被覆されている割合は10%である。

#### 【0021】

次に、本実施例に用いるエッチング装置の構成を図2に示す。

この装置は、プラズマ発生用コイル201, コイル用RF電源202, チャンバー203, RF電極204, RF電極用RF電源205, ガス導入系206, 排気系207, RF電極カバー208(基板101が設置される部分以外を被覆)より構成されている。なお、エッチング中のマスク基板101を一定温度に制御する機構についてはこれを有していない。

実施例1と実施例3との相違は、ガス導入系が、塩素と酸素以外に有機ガス(本実施例ではエタノールを使用)の供給機能を有する点である。

#### 【0022】

上記装置においては、あらかじめ、RF電極204上にはマスク基板101が設置されており、排気系207によりチャンバー203は高真空の状態に保たれている。チャンバー203に対し、ガス供給系206より塩素と酸素とヘリウムと有機ガス(本実施例ではエタノール)の混合ガス( $\text{Cl}_2:\text{O}_2:\text{He}:\text{エタノール}=160:40:20:20$  [sccm]) (よって、エタノールは約8体積%)の混合ガスが供給される。排気系207の排気量を調整して、所望の圧力に保つ。プラズマ発生用コイル201に対し、コイル用RF電源202より高周波電力(ICPパワー)を供給し、チャンバー203内にプラズマを発生させる。供給される高周波電力(ICPパワー)は、電子密度ジャンプを起こす高周波電力(ICPパワー)より小さい値を使用する。具体的には、プラズマ均一性や安定性を考慮した範囲(240W~300W)を使用し、本実施例では250Wとした。プラズマ安定後、速やかにRF電極にRF電極用RF電源205より高周波電力を供給する。この高周波電力は、実施例1と異なり、Cr/レジスト選択比を低く設定する必要がないため、Cr/レジストのエッチング特性(パター

ン形状等)が良好な条件で設定すれば良く、実施例1より低い値で良い。 $C_r$ /レジスト選択比が1.7となる条件とした。 $C_r$ のエッチングが終了後、適度のオーバーエッチングを行った後にエッチングを終了する。

### 【0023】

本実施例2においては、プラズマ密度が低い状態でエッチングを行うことができ、この結果、レジストの等方性エッチングに寄与するラジカル密度を低減させる効果、及び、基板温度の上昇の抑止効果が得られ、これらにより、レジストの等方性エッチング量が抑制される効果が得られる。

また、本実施例2においては、プラズマ密度が低い状態でエッチングを行うことによって得られるレジストの横方向のエッチング量の上記抑制効果に加え、独自に添加する有機ガスによって、有機ガスの等方性デポジションによるレジストの横方向のエッチング量の抑制効果が相乗効果的に発揮され、上述した3つの問題を実用レベルで極めて効果的に解決できる。具体的には、(1)パターンの形状(ホール、ドット、ライン&スペースなど)やサイズに関係なく(特にホール・ドットに関係なく)、変換差を低減でき、しかもホール・ドットの形状差を低減でき、(2)ホールの寸法が小さくても、リニアリティが良好(変換差が一定)であり、(3)ホールの断面形状が、寸法に依らず、寸法が小さくても垂直性が良好であるフォトリソマスクが得られる。なお、実施例2においては、パターンの形状(ホール、ドット、ライン&スペースなど)やサイズに関係なく、 $0.4\mu\text{m}\sim 2.0\mu\text{m}$ においてCDリニアリティ誤差が8nm以下となり、極めて良好なCDリニアリティを実現できた。

なお、実施例2は上述した実施例1に対し以下の優位点を有する。

(1)有機ガスを独自に添加するので、より大量に有機物を発生できるので、実施例1よりプラズマ密度を高め設定可能である。これにより、プラズマの均一性と安定性が優れた状態が選べる利点がある。

(2)レジストより発生する有機ガスに依存しないので、レジストパターンの被覆率と選択比に制限を持たない。よって、あらゆる(全ての)パターンのマスクに適用できる。

(3)チャンバー内の有機ガス密度にマスクパターン起因の分布が生じにくい。



また、実施例 2 は後述する実施例 3 に対し以下の優位点を有する。

- (1) 電極材の時間変化による特性変動が生じない。
- (2) チャンバーの改造が必要でない。

#### 【0024】

(実施例 3)

まず、本実施例においてエッチングの対象となる、レジストパターンを形成したマスク基板 101 を図 1 に示す。

マスク基板 101 の構造は、厚さ 400 nm のレジストパターン 102、厚さ 100 nm の Cr 系膜 103、ガラス基板（合成石英基板等）104 の積層構造からなる。レジストパターン 102 としては、使用する露光機によりフォトリソもしくは EB レジストを使用する。どちらの場合においてもレジストパターンの側壁が垂直に近い断面形状を有する。また、レジストパターン 102 で Cr 系膜 103 の面積が被覆されている割合は 10% である。

#### 【0025】

次に、本実施例に用いるエッチング装置の構成を図 3 に示す。

この装置は、プラズマ発生用コイル 201、コイル用 RF 電源 202、チャンバー 203、RF 電極 204、RF 電極用 RF 電源 205、ガス導入系 206、排気系 207、RF 電極カバー 208（基板 101 が設置される部分以外を被覆するカバー部材）より構成されている。なお、エッチング中のマスク基板 101 を一定温度に制御する機構についてはこれを有していない。

実施例 1 と実施例 2 との相違は、RF 電極カバー部材の材質が有機高分子（本実施例ではポリスチレン）である点である。

#### 【0026】

上記装置においては、あらかじめ、RF 電極 204 上にはマスク基板 101 が設置されており、排気系 207 によりチャンバー 203 は高真空の状態に保たれている。チャンバー 203 に対し、ガス供給系 206 より塩素と酸素とヘリウムとの混合ガス（ $\text{Cl}_2:\text{O}_2:\text{He}=160:40:20$  [sccm]）が供給される。排気系 207 の排気量を調整して、所望の圧力に保つ。プラズマ発生用コイル 201 に対し、コイル用 RF 電源 202 より高周波電力を供給し、チャンバー

203内にプラズマを発生させる。供給される高周波電力は、電子密度ジャンプを起こす高周波電力より小さい値を使用する。具体的には、プラズマ均一性や安定性を考慮した範囲(240W~300W)を使用し、本実施例では250Wとした。プラズマ安定後、速やかにRF電極にRF電極用RF電源205より高周波電力を供給する。この高周波電力は、実施例2と同様に、Cr/レジスト選択比を低く設定する必要がないため、Cr/レジストのエッチング特性(パターン形状等)が良好な条件で設定すれば良く、実施例1より低い値が良い。Cr/レジスト選択比が1.7となる条件とした。Crのエッチングが終了後、適度のオーバーエッチングを行った後にエッチングを終了する。

#### 【0027】

本実施例3においては、プラズマ密度が低い状態でエッチングを行うことができ、この結果、レジストの等方性エッチングに寄与するラジカル密度を低減させる効果、及び、基板温度の上昇の抑止効果が得られ、これらにより、レジストの横方向のエッチング量が抑制される効果が得られる。

また、本実施例3においては、プラズマ密度が低い状態でエッチングを行うことによって得られるレジストの横方向のエッチング量の上記抑制効果に加え、有機高分子からなるRF電極カバー部材から発生する有機ガスによって、有機ガスの等方性デポジションによるレジストの横方向のエッチング量の抑制効果が相乗効果的に発揮され、上述した3つの問題を実用レベルで極めて効果的に解決できる。具体的には、(1)パターンの形状(ホール、ドット、ライン&スペースなど)やサイズに関係なく(特にホール・ドットに関係なく)、変換差を低減でき、しかもホール・ドットの形状差を低減でき、(2)ホールの寸法が小さくても、リニアリティが良好(変換差が一定)であり、(3)ホールの断面形状が、寸法に依らず、寸法が小さくても垂直性が良好であるフォトマスクが得られる。

なお、実施例3は実施例1に対し以下の優位点を有する。

(1)より大きな面積の電極カバーから発生する大量の有機ガスを利用できるので実施例1よりプラズマ密度を高め設定可能である。これにより、プラズマの均一性と安定性が優れた状態が選べる利点がある。

(2)レジストより発生する有機ガスに依存しないので、レジストパターンの被

覆率と選択比に制限を持たない。

(3) チャンバー内の有機ガス密度にマスクパターン起因の分布が生じにくい。

また、実施例 3 は実施例 2 に対し、有機ガス系の増設が必要でないという優位点を有する。

#### 【0028】

(比較例)

上記実施例 2 において、有機ガス (エタノール) を添加しなかったこと、及び、プラズマ発生用コイル 201 に対し、コイル用 RF 電源 202 より高周波電力 (ICP パワー) を供給し、チャンバー 203 内にプラズマを発生させる際に、供給される高周波電力 (ICP パワー) を、500W とした (通常用いられているような電子密度ジャンプを起こす条件とした) こと以外は、上記実施例 2 と同様にしてエッチングを行い、CD リニアリティについて調べた。その結果を、図 5 に示す。図 5 において、横軸は設計寸法、縦軸は設計寸法からのシフト量 (CD 誤差量) である。パターンの測長は、 $0.4\mu\text{m}$  ~  $2.0\mu\text{m}$  の Cr パターン (孤立ホール (iso hole) と密集ホール (Dense hole) ) について CD-SEM にて行った。図 5 から、比較例の条件 (エタノールの添加なし、ICP パワー 500W) では、 $1.0\mu\text{m}$  以下の設計寸法に対して CD 誤差が大きくなっており、CD リニアリティ誤差が約 40nm となっており、CD リニアリティが悪いことが判る。これに対し、実施例 2 の条件 (エタノールの添加あり、ICP パワー 250W) では、図 6 に示すように、 $0.4\mu\text{m}$  ~  $2.0\mu\text{m}$  において CD リニアリティ誤差が 8nm 以下となり、パターンリニアリティが極めて良好であることが判る。

また、Cr パターンの断面形状と ICP パワーとの関係について調べた結果を、図 7 (SEM 写真) に示す。図 7 は、 $0.5\mu\text{m}$ 、 $0.4\mu\text{m}$ 、 $0.3\mu\text{m}$ 、 $0.2\mu\text{m}$  の Cr パターンの断面形状の SEM 写真である。また、図 7 の上段が比較例 (エタノールの添加なし、ICP パワー 500W) で得られた Cr パターンの断面形状を示し、下段が実施例 2 (エタノールの添加あり、ICP パワー 250W) で得られた Cr パターンの断面形状を示す。図 7 の上段の比較例では、ホールの断面形状が、寸法が小さくなるに従いテーパが発生して垂直性が悪化す

るのに対し、図7の上段の実施例2では、ホールの断面形状が、寸法に依らず、寸法が小さくても垂直性が良好（形状のリニアリティが良好）であることが判る。

#### 【0029】

なお、本発明は上述した実施例に限定されるものではない。

実施例2において有機ガスとしてエタノールを用いたが、マスフローコントローラーで使用可能な塩素以外のハロゲンを含まない炭素と水素を含有する有機ガス（例として、メタン、エタン、アセチレン、塩化ビニル、青酸ガス等）も使用できる。

実施例3において電極カバーとしてポリスチレンを用いたが、塩素以外のハロゲンを含まない炭素と水素を含有する有機高分子（例として、ポリエステル、ポリ塩化ビニル、メラミン、ポリエチレン等）および炭素も使用できる。

実施例3においては、図4に示すように、電極カバー208及びチャンバー内壁部等（内壁に部分的に設ける態様を含む）にも上記材質を適用できる。チャンバー内壁部等（内壁に部分的に設ける態様を含む）にだけ上記材質を適用した態様（図示せず）も本願発明に含まれる。

本発明においてICPパワーは、使用する装置に応じて、本発明の要旨の範囲内で、適宜調整、変更できる。

#### 【0030】

##### 【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、以下の効果を有する。

(1) 上述した第1の問題に関し、パターンの形状（（開口パターン（ホール）、遮光パターン（ドット）、ライン&スペースなど）やサイズに関係なく（特にホール・ドットに関係なく）、変換差を低減でき、しかもホール・ドットの形状差を低減できる。

(2) 上述した第2の問題に関し、ホールの寸法が小さくても、CDリニアリティが良好（変換差が一定）である。

(3) 上述した第3の問題に関し、ホールの断面形状が、寸法に依らず、寸法が小さくても垂直性が良好である。

なお、上述した第3の問題に関連し、マスクの測長を光学式測長機で行う場合において、形状のリニアリティが改善されると、寸法が異なる図形も同一の測長条件で測長が可能となるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本実施例においてエッチングの対象となる、レジストパターンを形成したマスク基板を説明するための断面模式図である。

【図2】

実施例で使用了エッチング装置の概略構成を説明するための模式図である。

【図3】

実施例で使用了エッチング装置の変形例を説明するための模式図である。

【図4】

エッチング装置の他の変形例を説明するための模式図である。

【図5】

比較例で得られたパターンのCDリニアリティを説明するための図である。

【図6】

実施例2で得られたパターンのCDリニアリティを説明するための図である。

【図7】

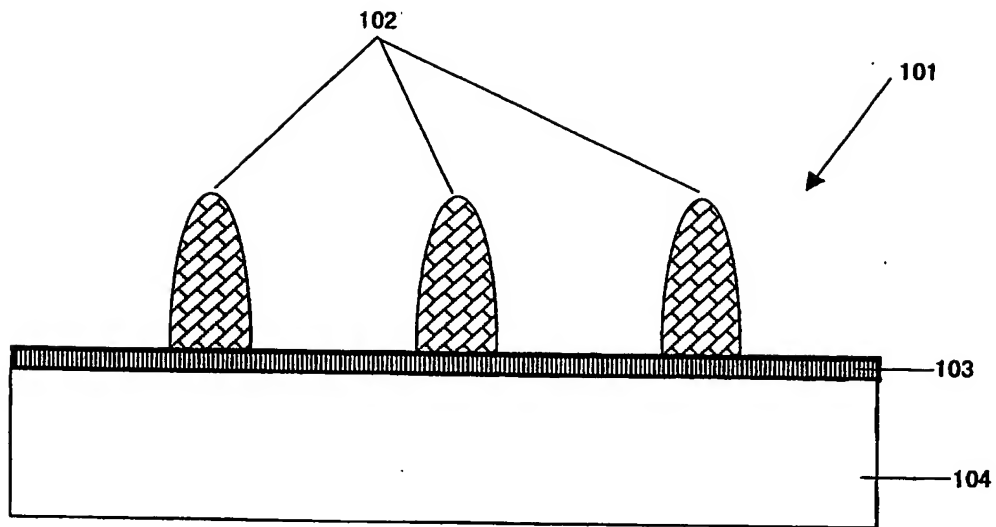
実施例及び比較例で得られたパターンの断面形状を説明するための図である。

【符号の説明】

- |     |          |
|-----|----------|
| 101 | マスク基板    |
| 102 | レジストパターン |
| 103 | Cr系膜     |
| 104 | ガラス基板    |

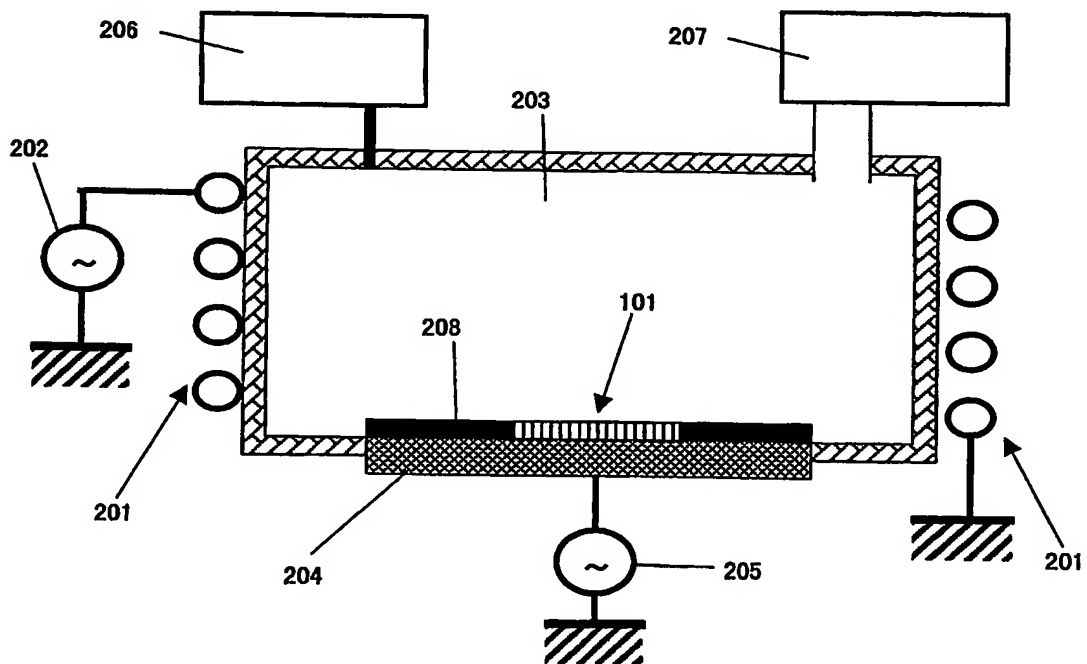
【書類名】 図面

【図 1】



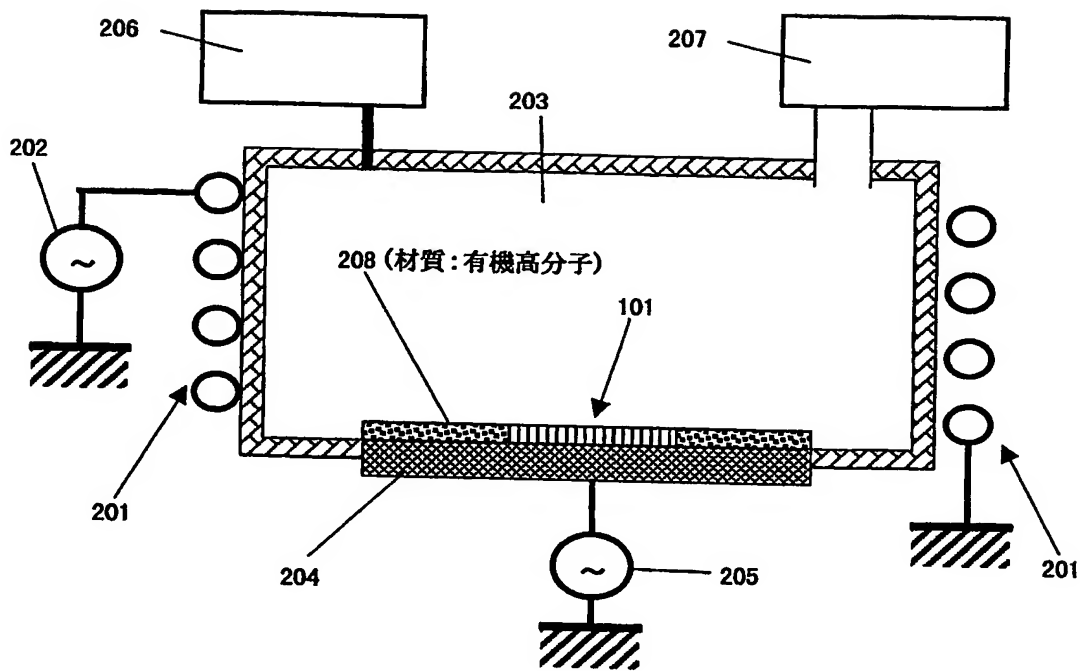
(マスク基板の断面模式図)

【図 2】



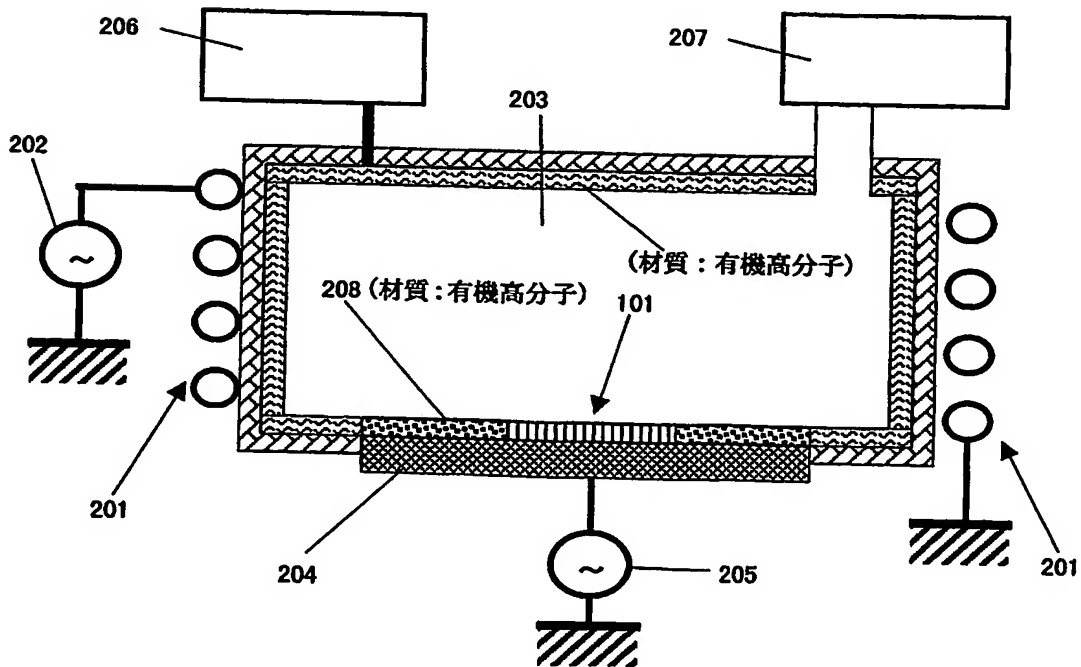
(実施例1、2のエッチング装置)

【図 3】



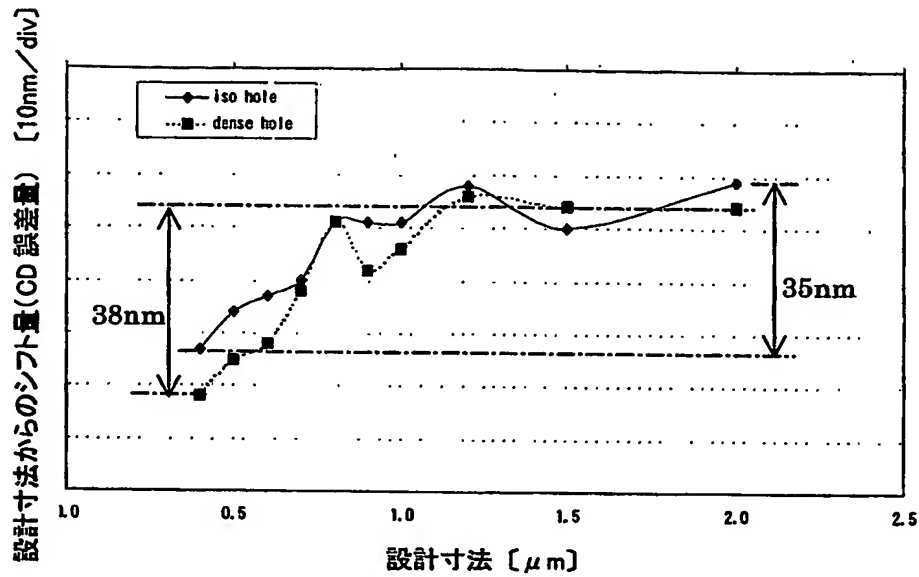
(実施例3のエッチング装置)

【図 4】



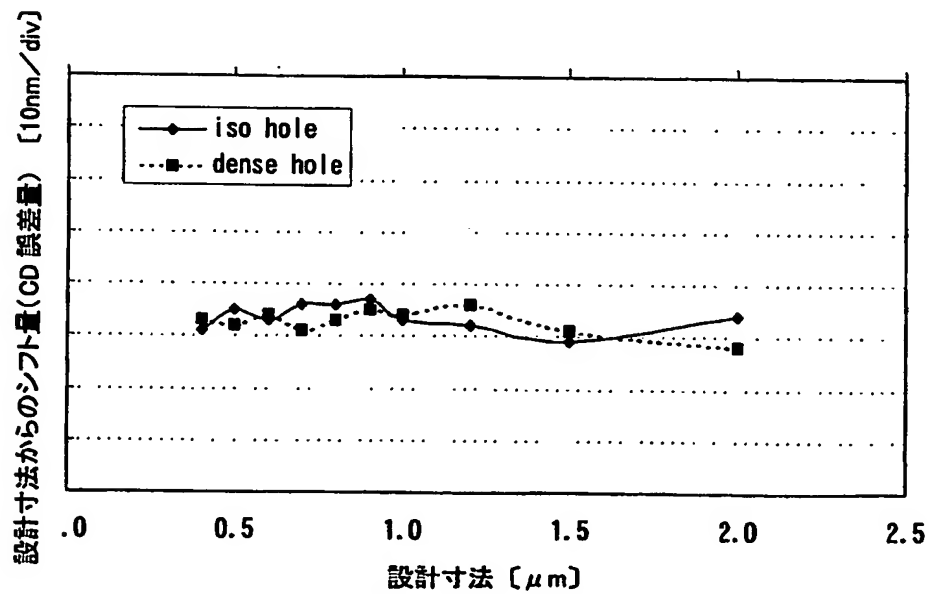
(実施例3のエッチング装置の変形例)

【図5】



【CDリニアリティ(比較例)】








【図6】



【CDリニアリティ(実施例2)】



【図 7】

0.2 $\mu$ m	0.3 $\mu$ m	0.4 $\mu$ m	0.5 $\mu$ m
No Data			
			

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 マイクロローディング効果による微小開口パターン（ホール）の寸法や形状の悪化の影響の問題を解消し、実用上の障害を除く。

【解決手段】 透光性基板上にクロムを含む材料からなる遮光膜及びレジスト膜を有するフォトマスクブランクを用いて、所望のレジストパターンを形成する工程と、塩素と酸素を含む混合ガスを用いたドライエッチングにより、前記レジストパターンをマスクとして前記遮光膜をパターンニングして遮光パターンを形成する工程と、を有するフォトマスクの製造方法において、前記ドライエッチングを、レジストの等方性エッチング量を相殺させるために有機物の存在下で有機物の存在下で行うことを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【選択図】 なし

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-108208
受付番号	50300605755
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成15年 4月14日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成15年 4月11日
-------	-------------

次頁無

出願人履歴情報

識別番号

[000113263]

1. 変更年月日

2002年12月10日

[変更理由]

名称変更

住所

東京都新宿区中落合2丁目7番5号

氏名

HOYA株式会社